

USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL  
MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

MAYLON STEVEN PORRAS GIL

SERGIO GUZMÁN BELTRÁN



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

BOGOTÁ, D.C.

9 / 6 / 2020

**Uso de materiales alternativos para mejorar la resistencia del mortero de pega de mampostería estructural (fibra de fique)**

**Maylon Steven Porras Gil**

**Sergio Guzmán Beltrán**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:  
Tecnólogo en Construcciones Arquitectónicas**

**Coordinador PTCA**

**Arq. Nelson Ricardo Cifuentes Villalobos**

**Asesor**

**Arq. Mauricio Carvajal**



Universidad La Gran Colombia

Facultad De Arquitectura

Programa de Tecnología en Construcciones Arquitectónicas

Bogotá D.C.

# NOTA DE ACEPTACIÓN

**Observaciones**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma Director Trabajo de Grado**

---

**Firma del presidente jurado**

---

**Firma del jurado**

**Bogotá., junio de 2020**

### **Agradecimientos**

A Dios por permitirnos haber cursado esta carrera y permitirnos poder finalizar este ciclo académico.

A nuestras familias por el soporte que nos han ofrecido a lo largo del proceso de esta carrera.

A la Universidad La Gran Colombia por educarnos para ser unos excelentes profesionales.

Al profesor Mauricio Carvajal, Arquitecto, Universidad La Gran Colombia, asesor de proyecto. Por acompañarnos y guiarnos en este proceso.

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

5

## Tabla de contenido

Glosario .....	12
Resumen .....	15
Abstract .....	17
Introducción .....	19
Justificación .....	22
Planteamiento problema .....	23
Pregunta Problema .....	23
1.    Objetivos .....	24
1.1.    Objetivo General .....	24
1.1.    Objetivos Específicos .....	24
2.    Marco Teórico .....	25
2.1.    Antecedentes Teóricos .....	27
2.2.    Clasificación de los morteros .....	28
2.3.    Materiales del mortero .....	29
2.3.1.    Cemento .....	29
2.3.2.    Mortero .....	29

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

	6
2.3.3. Agua.....	30
2.3.4. Arena .....	30
2.4. Propiedades Mortero fresco .....	30
2.4.1. Manejabilidad .....	30
2.4.2. Tiempo de utilización o Trabajabilidad.....	31
2.4.3. Densidad .....	31
2.4.4. Adherencia.....	31
2.4.5. Retención de agua.....	31
2.4.6. velocidad de endurecimiento .....	32
3. Marco de referencia .....	33
4. Marco Normativo.....	37
5. Aspectos Metodológicos.....	38
5.1. Diseño de la mezcla.....	39
5.1.1. Dosificaciones en muestras .....	39
5.1.2. Materiales .....	40
5.1.2.1. Cantidad Agua.....	40
5.1.2.2. Cemento.....	41
5.1.2.3. Mortero estructural .....	41

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

	7
5.1.2.4. Dosificación de fibras.....	41
5.2. Análisis y Discusión de Resultados .....	42
5.2.1. Mortero con fibras de paja.....	42
5.2.2. Mortero con fibras de coco.....	43
5.2.3. Mortero con fibra de fique.....	43
5.2.4. Mezclado de las muestras cubicas .....	44
5.2.5. Encofrado.....	44
5.3. Ensayos.....	45
5.3.1. Descripción del ensayo .....	47
5.4. Análisis de las muestras .....	48
5.4.1. Muestra mortero (fibra fique) .....	48
5.4.2. Muestra mortero (paja) .....	48
5.4.3. Muestra mortero estructural mezclado en situ.....	48
5.4.4. Muestra mortero estructural premezclado .....	49
5.5. Muestras .....	50
5.6. Modelos en 3D .....	53
5.7. Análisis de precios unitarios .....	54
5.7.1. Costos mortero de pega preparado en situ con adición de fibra .....	54

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

	8
5.7.2. Costos mortero de pega preparado en situ.....	55
5.7.3. Costos mortero de pega premezclado con fibras de fique .....	56
5.7.4. Costos mortero de pega premezclado .....	57
5.7.5. Costos reparación de fisuras en mampostería estructural.....	58
5.8. Conclusiones y Recomendaciones .....	59
Lista de Referencia o Bibliografía .....	60
Anexos .....	64



# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

9

## Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Clasificación de los morteros de pega por propiedad o por proporción.</i> .....	27
Tabla 2 <i>Características del fique.</i> .....	34
Tabla 3 <i>Propiedades mecánicas de la fibra de fique</i> .....	34
Tabla 4 <i>Propiedades físicas del fique</i> .....	39
Tabla 5 <i>Cantidad de agua ideal para mezcla de forma empírica</i> .....	41
Tabla 6 <i>Cantidad de material usado en muestras cubicas de 5x5 cm</i> .....	42
Tabla 7 <i>Apu mortero de pega estructural preparado en situ con adición de fibra.</i> .....	55
Tabla 8 <i>Apu mortero de pega estructural preparado en situ.</i> .....	56
Tabla 9 <i>Apu de pega premezclado con fibras de fique.</i> .....	57
Tabla 10 <i>Apu de mortero pega premezclado.</i> .....	58
Tabla 11 <i>Apu de mortero pega premezclado.</i> .....	59

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

10

## Lista Figuras

Figura 1. Plantas de fique.....	33
Figura 2. Concreto reforzado con fibras naturales.....	35
Figura 3. Primera muestra de pega de mampostería estructural. ....	40
Figura 4. Esterilla de paja. ....	43
Figura 5. Esterilla de coco. ....	43
Figura 6. Fibra de fique.....	43
Figura 7. Mezcla de cubos de ensayo. ....	44
Figura 8. Encofrado de muestras de ensayo a compresión. ....	45
Figura 9. Arranque 0 de prensa para ensayos a compresión.....	45
Figura 10. Cortado de fibras de fique. ....	46
Figura 11. Mortero seco para pega de mampostería estructural. ....	46
Figura 12. Mezcla de pega de mampostería estructural con fibra de fique. ....	47
Figura 13. Aplicación de la mezcla sobre el ladrillo. ....	47
Figura 14. Comportamiento de las muestras.....	49
Figura 15. Levantamiento de muro con pega de mampostería estructural. ....	50
Figura 16. Esterillas de coco.....	50

# **USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)**

	11
Figura 17. Encofrado. ....	51
Figura 18. Esterillas de paja.....	51
Figura 19. Mezcla de Esterillas de paja con dosificación a 1/4. ....	51
Figura 20. Prensa manual para realizar las pruebas de compresión. ....	52
Figura 21. Proceso de fraguado y desencofre de los testigos de morteros. ....	52
Figura 22. Ensayos a la compresión. ....	53
Figura 23. Resultados fallidos a los ensayos a la compresión. ....	53
Figura 24 Vista frontal del modelo 3D. ....	53
Figura 25 Vista lateral del modelo 3D.....	54

### **Glosario**

**Acabado:** “Estado final, natural o artificial, en la superficie de una pieza u objeto de madera para un fin determinado. El acabado natural se obtiene mediante procesos tales como: cepillado, lijado, etc. y el acabado artificial con la aplicación de sustancias tales como: ceras, lacas, tintes, etc.” (NSR.10, 2010g, p.1).

**Mortero:** “Mezcla de arena y cemento utilizado para unir ladrillos o pañetar muros o techos.” (NSR.10, 2010g, p.5).

**Contracción:** “Reducción de las dimensiones de una pieza de madera causada por la disminución del contenido de humedad por debajo de la zona de saturación de las fibras, que se presenta en los sentidos radial, tangencial y longitudinal”. (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, 1994, p. 80).

**Enlucido:** “Revestimiento continuo de pasta de yeso fino, cemento u otra mezcla de granulometría fina que se aplica sobre la capa de guarnecido o enfoscado con el fin de proporcionarle un acabado más liso.” (Fundación Laboral de la Construcción, s.f., parr. 1 )

**Entramado:** “Estructura resistente, generalmente de madera o metálica, en forma de esqueleto que sirve de soporte para acoplar otro material de revestimiento”. (Fundación Laboral de la Construcción, s.f., parr. 1).

**Fibra:** célula alargada con extremos puntiagudos y casi siempre con paredes gruesas; típica de las maderas latifoliadas etc.”. (nsr.10, 2010g, p.4).

## USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

13

**Hinchamiento:** “aumento de las dimensiones de una pieza causada por el incremento de su contenido de humedad”. (nsr.10, 2010g, p.4).

**Conglomerante o aglomerante o aglutinante** Material de origen pétreo que, una vez triturado o molido, se mezcla con agua y a veces también con otros materiales o aditivos hasta conseguir una pasta de consistencia variable con propiedades adherentes, óptima para unir piezas entre sí o rellenar oquedades. Los aglomerantes se endurecen en contacto con el aire y hacen que las partes unidas con la mezcla (1) obtenida adquieran tras el fraguado una fuerte resistencia. Son por tanto elementos fundamentales para la construcción. Los aglomerantes más utilizados en una obra (2) son el cemento, el mortero, la cal, el yeso (1) y la arcilla (Glosario ilustrado de arte arquitectónico , s.f.).

**Módulo de elasticidad longitudinal admisible:** “módulo de elasticidad de un elemento de madera medido en la dirección paralela al grano, multiplicado por los coeficientes de modificación que lo afecten”. (nsr.10, 2010g, p.5).

**Preservación:** tratamiento que consiste en aplicar sustancias capaces de prevenir o contrarrestar la acción de alguno o varios tipos de organismos que destruyen o afectan la integridad de la fibra. generalmente estos tratamientos son efectivos por lapsos más o menos largos, dependiendo de su calidad. (nsr.10, 2010g, p.6).

## **USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)**

14

**Preservante:** sustancia que se aplica para prevenir o contrarrestar por un período de tiempo, la acción de alguno o varios de los tipos de organismos capaces de destruir o afectar la madera.

(nsr.10, 2010g, p.6).

**Revoque:** Mezcla Enlucido o pañete. (nsr.10, 2010g, p.6).

**Sección:** perfil o figura que resulta de cortar una pieza o cuerpo cualquiera por un plano.

(nsr.10, 2010g, p.6).

**Sección longitudinal:** aquella sección que resulta de cortar una madera en sentido paralelo a las fibras. (nsr.10, 2010g, p.6).

### **Resumen**

Esta investigación es tipo aplicada, con un nivel de profundización explicativo, ya que solo se recolectarán los datos en un momento dado de la investigación Adición de fibras naturales al mortero de pega en mampostería estructural; la finalidad consiste en generar una alternativa para aumentar la resistencia de los morteros de mampostería generando mayor durabilidad en las construcciones formales y en las edificaciones no formales que utilizan materiales que no cumplen con la NSR 10 y normas técnicas colombianas NTC. Este mortero se articula y se adapta especialmente a los muros de bloque y ladrillo, con un recurso fibrico de diversas regiones rurales del país. La fibra de fique se plantea ya que su utilización es económica/técnica, igualmente la paja y esterilla de coco, buscando alcanzar mejores resultados a compresión se plantea la utilización de esta materia prima. Una vez argumentando la propuesta a utilizar las diferentes mezclas de adiciones en diferentes proporciones se ejecuta varias pruebas caseras determinando sus propiedades y reacciones se procede a comparar estos resultados con el mayor beneficio.

Se elaboran cubos de 5cm x 5cm con láminas en madera RH y se realiza las diferentes mezclas de mortero dosificación 1:3 con las diferentes fibras naturales, mortero mezclado en situ y mortero estructural premezclado. Las probetas se elaboran y funden en casa el día 30 de marzo de 2020 obteniendo 15 por cada elemento con un total de 75 muestras, desencofrando 24 horas después sumergiéndolos en un recipiente con agua. 15 de las muestras se proceden al fallo mediante una prensa manual de 5” a distintas edades 1,3,7,28 días con el fin de determinar su capacidad y resistencia a través del tiempo. Una vez llegando a los 28 días de secado, el 27 de

## **USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)**

16

abril de 2020 se procedió el fallo de los últimos especímenes, presentando un cuadro comparativo hallando la proporción y porcentaje óptimo de adición, las particularidades que mejoraron y empeoraron en las mezclas.

En esta línea, fundados en el enfoque de situar de materiales de construcción con atributos, razonables y de reducido costo, se ve la necesidad de mezclar morteros para mampostería con fibras; en los que la fibra de fique interviene para aumentar su resistencia y características. Debido que en Colombia el 60% de las construcciones usan mortero mezclado en situ con pocas especificaciones técnicas generando una mayor deterioro y fallo por cortante se utilizara esta unión de materiales obteniendo una mayor resistencia similar o mayor al mortero estructural.

**Palabras claves:** Mortero, Fique, fibras, falla a cortante, resistencia del mortero, mampostería estructural, dosificación de aditivo.



# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

17

## Abstract

This research is an applied type, with a level of explanatory depth, since the data will only be collected at a given moment in the research "Adding natural fibers to the glue mortar in structural masonry" The purpose is to generate an alternative to increase the resistance of masonry mortars generating greater durability in formal constructions and in non-formal buildings that use materials that do not comply with NSR 10 and Colombian technical standards NTC. This mortar is articulated and specially adapted to block and brick walls, with a fiber resource from various rural regions of the country. The fiber of fique arises since its use is economic / technical, likewise the straw and coconut mat, seeking to achieve better results compared to the use of this raw material. Once arguing the proposal to use the different mixtures of additions in different proportions, several home tests are carried out determining their properties and reactions. These results are compared with the greatest benefit.

Cubes of 5cm x 5cm are made with sheets of rh wood and the different mortar mixes are dosed 1: 3 with the different natural fibers, mortar mixed in situ and pre-mixed structural mortar. The test tubes are made and melted at home on March 30, 2020, obtaining 15 for each element with a total of 75 samples, stripping 24 hours later, submerging them in a container with water. 15 of the samples proceed to failure using a 5" manual press at different ages 1,3,7,28 days in order to determine their capacity and resistance over time. Once reaching the 28 days of drying, on April 27, 2020 the failure of the last specimens was proceeded, presenting a comparative table finding the proportion and optimal percentage of addition, the characteristics that improved and worsened in the mixtures.

## **USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)**

18

In this sense, based on the focus of having quality, sustainable and low-cost construction materials, there is a need to mix masonry mortars with fibers; in which the fiber of fique intervenes to increase its resistance and properties. Due to the fact that in Colombia 60% of the constructions use mortar mixed in situ with few technical specifications, generating greater deterioration and shear failure, this union of materials will be used, obtaining a greater or similar resistance to structural mortar.

**Key words:** Mortar, Fique, fibers, shear failure, mortar resistance, mampostería estructural, dosificación de aditivo.

### **Introducción**

El mortero de pega para mampostería es utilizado ampliamente por todo tipo de construcciones, por tal motivo en las comunidades informales de Colombia se evidencia su uso sin un debido control de calidad que garantice una adecuada durabilidad y resistencia.

La utilización de este mortero en las construcciones ha sido heterogénea; en nuestro país se usa generosamente como materia de repello, como pega en mampostería, en las últimas épocas se ha usado en la mampostería estructural y pañetes. Por otro lado, La empleabilidad de la cal y el cemento en el proceso de morteros de pañete, en el sector de la construcción se han tenido a lo largo del tiempo y más aún ahora que se presta una especial atención por el uso de materia prima natural y procedimientos constructivos modernos que poner en claro la discrepancia con el panorama urbanístico actual.

Sin embargo, en la última década científico alemanes de la Universidad de Achen y Dresen, han desarrollado un nuevo material compuesto elaborado a partir de concreto de grano fino, reforzado con textiles multiaxiales de fibras de vidrio resistentes a los álcalis (AR), fibras de carbono, fibras aramidicas y fibras naturales entre otras (Bramashuber, 2006); (Bramashuber, 2012). Este nuevo material compuesto posee una alta resistencia a la compresión y a la tensión, sin el problema de oxidación por des pasivación de la armadura, que posee el concreto reforzado con acero. (Barbosa y Mayorga, 2015 p. 19).

## USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

20

Comúnmente, los materiales poseen unas condiciones en habituales como lo son: la firmeza, la facilidad en el uso, la resistividad, la adaptación al entorno, la economía, la marca sensorial, entre otros. Para lo anterior se plantea presentar modelos físicos de pega en mampostería estructural con diferentes fibras natural y materiales de reciclaje de la vida cotidiana, con un seguimiento periódico comparado con un modelo físico de mortero de pega estructural convencional, adicional se presentará un presupuesto por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) y se concluirá con un estudio de ahorros respecto a las fallas que pueda llegar a presentar un mortero de pega mal preparado o que no cumpla con las especificaciones.

Por ende se ejecuta varias mezclas de mortero con diferentes fibras naturales: (paja, fique, fibra coco) dando como mejor resultado la unión de fique ya que la resistencia aumento 40% respecto a la mezcla tradicional y el sobre costo 1.5% por lo tanto su precio es relevante, comparando con el mortero premezclado su valor está por debajo en un 40% y su resistencia similar, igualmente se le realiza ensayos a compresión caseras para determina su capacidad dando como resultado mayor costo beneficio tanto económico como constructivo formando una alternativa constructiva.

Con base en las características de la fibra de fique se permite mejorar la resistencia de los morteros de pega empleados en la mampostería estructural y se pueda utilizar por colectividades con pocos elementos y recursos donde puedan utilizarlo para reducir costos en cuanto al mortero estructural sin sacrificar su resistencia. una planta originaria de la América Tropical, su siembra se realiza de forma particular en las regiones andinas de Colombia, en este país el cultivo se desarrolla en las partes más alta de la sierra con temperaturas templadas y

## **USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)**

21

frías. El paso a paso de la desfibración de la hoja de la planta de fique se efectuaba de manera manual y su hilado u ovillado de la misma manera, en algunos casos se utilizaban telares.

La siembra y agricultura de esta planta es ideal en los pisos térmicos tipo templado y seco, que cuente con temperaturas alrededor de los 19° y 32° centígrados y una humedad relativa entre el 70 y 90%. El fique se cultiva en Colombia en mayor proporción en los departamentos de Cauca, Nariño, Santander, Antioquia y Boyacá, se destaca el departamento del Cauca con la más alta producción la cual se estima en 7.000 toneladas al año. En cuanto al departamento de Santander, su mayor producción esta centralizada en los municipios de Mogotes y San Joaquín. (Mojica y Paredes, s.f.)

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

22

## Justificación

Los muros en mampostera estructural fallan por la pega, hay que tener en cuenta que los morteros se vuelven pieza estructural debido a que es una transmisión de carga lineal lo que genera un fallo por cortante, es ineludible investigar sobre la empleabilidad, características físicas y mecánicas del mortero de pega estructural: plástico y endurecido.

En el sector de la construcción y la arquitectura se emplea exclusivamente el mortero de cemento con mezcál de cal y arena o mortero estructural premezclado y no se fabrica el mortero de cemento compuesto de cal y arena, aun así cuando su uso está regido por los parámetros descritos en la norma colombiana NTC 3356 y el reglamento NSR 10, gracias a su particularidades físicas; en su etapa plástica como endurecido, las cuales le permiten al mortero ser plenamente compatible con los mampuestos empleados en la fabricación de la mampostería en el sector de la construcción.

Los aspectos expuestos deben ser tenidos en cuenta al momento de la elección y uso del mortero para pegar la mampostería. justificadamente es lo que busca esta indagación, tener conocimiento de las características del mortero empleado hoy en día en las edificaciones, y reconocer la clase de mortero que se utilizará según el uso, para compararlo con un mortero más resistente al mezclarlo con fibras naturales.

La fibra de fique, al ser una materia prima de carácter biodegradable, la cual se emplea como biomanto o manto natural para salvaguardar y preservar cultivos y como fibra para textiles, permitiendo así reducir los efectos de la deforestación producto de las grandes obras civiles.

## **USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)**

23

Hoy en día un país como Colombia origina alrededor de treinta mil toneladas de esta fibra natural por año, primariamente en los departamentos de Cauca, Nariño, Santander y Antioquía. En el país los plantadores, cultivadores y aldeanos se han asociado para mejorar la producción del fique e incursionar en sectores diferentes al textil (Finkeros, 2016), como por ejemplo el de la construcción, innovación y desarrollo de productos biodegradables.

Transmitida la relevancia que tiene la empleabilidad de las fibras para mejorar la resistencia de los materiales usados en el sector de la construcción y teniendo en cuenta que en Colombia decidió crear un centro de investigación de la fibra de fique y a futuro se proyecta fundar dos más, uno ubicado en el departamento de Antioquía y otro en la zona suroccidente colombiana ( Alvarez, s.f.), para así atender y promover todas las regiones productoras del país.

### **Planteamiento problema**

La necesidad que tiene realizar esta investigación consiste en generar una alternativa constructiva para mejorar la resistencia del mortero de pega en mampostería estructural, dado que se ha podido evidenciar en diferentes obras problemas de agrietamiento y despegue en la pega debido a falla por cortante a una mala dosificación o por ende una mala mano de obra que no permiten un buen curado del material, o por ende la cristalización de los materiales físicos del cemento cuando se trata de una temperatura considerablemente alta.

### **Pregunta Problema**

¿Cómo generar una mayor resistencia del mortero de pega en la mampostería estructural con fibras naturales?

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Aumentar la resistencia del mortero de pega para mampostería mediante fibras naturales

### **1.1. Objetivos Específicos**

- Aumentar la durabilidad y reducir costos en mantenimientos futuros del mortero en muros de mampostería
- Hallar el porcentaje óptimo de adición de fibras con mejor costo beneficio
- Generar un mortero con especificaciones necesarias sin generar un incremento desproporcionado en su valor
- Disminuir costos de elaboración del mortero de pega mampostería



## **2. Marco Teórico**

A la fecha se han encontrado información importante sobre el uso de la cal desde los inicios de la construcción en la humanidad, con excepción de las construcciones realizadas en Europa Central y Septentrional. El uso de este material como aglutinante, nace en el periodo Neolítico, y su empleabilidad a modo de mortero se le imputa a los romanos y griegos (González, 2016).

La cal se utilizó en otros lugares como Bizancio, Creta y Rodas y su utilización casi en forma universal, sólo se indica que hay épocas en las que la utilización de la cal fue inexistente; debido, principalmente, a los sistemas constructivos de moda y a la geología local, además es una manera de explicar la escasa utilización de morteros de cal en la época egipcia, quizás debido, sobre todo, a la escases de materias primas para la elaboración de este material, como es la madera necesaria como combustible para calcinar la piedra caliza en esa época. (González, 2016, p.9).

El mortero se nombra como aquella composición plástica elaborada por la unión de, agregados finos, materiales cementantes, en algunas ocasiones con aditivos y agregando cierta cantidad de agua constituyen un material plástico uniforme.

En el mercado se encuentra un abanico de morteros se pueden diferenciar de acuerdo a su constitución y el uso para lo cual son fabricados, en construcción es el material con mayor uso, por su buen manejo y utilización ya que tiene bastantes prestaciones como lo son

## **USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)**

26

estructural (pega en mamposterías, grouting), revestimiento (morteros de repellos o revoques).

“En la Actualidad, el mortero más común es aquel que se mezcla con, cemento y agua. Se caracteriza por ofrecer una mayor resistencia debido a su proceso de secado rápido y a su dureza.” (Valbuena, Mena, y García, 2015, p.116).

El mortero debe absorber los esfuerzos de productos de la tensión y compresión, forzando a guardar las características que se valoran y evalúan en dos (2) fases diferentes en concordancia con el cambio físico (fresco o endurecido) (Gutiérrez, 2003) para la norma sismo resistente NSR 10 la compresión es la propiedad a la que se recurre como medida e indicador de control de calidad y durabilidad y para evaluar dicha propiedad existe la norma técnica colombiana NTC 220.

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

Tabla 1

*Clasificación de los morteros de pega por propiedad o por proporción.*

Mortero tipo	Especificación de los morteros por propiedad <sup>(1)</sup>			Especificación de los morteros por proporción				
	Resistencia mínima a la Compresión $f'_{cp}$ MPa <sup>(2)</sup>	Flujo en (%) <sup>(3)</sup>	Retención Mínima de Agua	Cemento Portland	Cal hidratada <sup>(4)</sup>	Cemento para Mampostería <sup>(7)</sup>	Arena/Material Cementante <sup>(5)</sup>	
							Min.	Máx.
H	22.5	115-125	75%	1	0.25	no aplica	2.00	2.5
M	17.5	115-125	75%	1	0.25	no aplica	2.25	3.0
				1	no aplica	1	2.25	2.5
S	12.5	110-120	75%	1	0.25 a 0.50	no aplica	2.50	3.5
				0.5	no aplica	1	2.50	3.0

Tomada de: NSR-10 Norma Sismo Resistente. (2010d). Bogotá. Título D Mampostería estructural. Ministerio de ambiente, Vivienda y desarrollo territorial Recuperado de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/4titulo-d-nsr-100.pdf>

## 2.1. Antecedentes Teóricos

Tomando como base la investigación realizada sobre la caracterización de los morteros con aditivos como microsilice y nanosilice este proyecto tenía como finalidad identificar las propiedades mecánicas y físicas del mortero con la adición y combinación de estos aditivos. Entre sus resultados de interés en la adición de micro sílice al mortero se encontró que aumenta la trabajabilidad con disminución transcurrido el tiempo, se obtiene mejoras en la densidad y aumento en resistencia a la compresión. Además, se estableció “una docilidad máxima en un 2,5%; pero sus resistencias mecánicas óptimas se alcanzan alrededor de un 5% de adición en relación al cemento cuando ya se ha perdido parte de la fluidez de la mezcla” (Torres y Pérez, 2019, p.20).

## **2.2. Clasificación de los morteros**

Los morteros se clasifican y categorizan en dos grupos el primero es por su composición y el segundo por su aplicación. También en la literatura se encuentra codificación por su forma de secado al aire (aéreos) y los que se endurecen por agua (hidráulicos).

Los aéreos son los que endurecen con el secado al aire y fraguan muy lentamente por un proceso de carbonatación. Y los Hidráulicos, endurecen incluso bajo agua ya que por su composición permiten que en su fraguado se alcancen relativamente altas resistencias iniciales. Pero en general, a los morteros se los clasifica por su composición. Se los puede clasificar en morteros calcáreos, morteros de cal y cemento Portland, morteros de cemento, por sus propiedades específicas de resistencia a compresión, además se indica que los morteros para mampostería se pueden clasificar además en morteros) de pega y de relleno (González, 2016, p.18)

La clasificación de los morteros también se realiza por su forma de ser mezclados o proporcionados en este caso se nombran como los morteros húmedos o secos. Los húmedos son aquellos que se obtienen de proporcionar o mezclar en fabrica. Su principal propiedad es su larga durabilidad en estado de almacenamiento, pero en estado fresco es de máximo 48 horas, es decir el fraguado de este comienza cuando se aplica sobre la mampostería, en el caso del mortero secos son aquellos que se proporcionan y se mezclan en fabrica, posteriormente en obra se debe adicionar la cantidad de agua indicada para lograr una mezcla homogénea. (González, 2016).

### **2.3. Materiales del mortero**

#### **2.3.1. Cemento**

Es un material de tipo aglutinante, como por ejemplo el cemento Portland o una composición entre cal y este material. Por ningún motivo se puede emplear la cal como aglutinante exclusivo. Debe cumplir con la NTC 121 (ASTM C 150) y NTC 321 ASTM (C150). Para mortero de recubrimiento generalmente se utiliza cemento Portland Tipo 1 o de uso general.

#### **2.3.2. Mortero**

El mortero se denomina como aquella mezcla plástica elaborada por la unión de, agregados finos, materiales cementantes, en algunas ocasiones con aditivos y agregando cierta cantidad de agua forman un material plástico homogéneo. Existe una alta diversidad de morteros que se diversifican según su composición y su uso para lo cual son fabricados, en construcción es el material con mayor uso por su buen manejo y utilización ya que tiene bastantes prestaciones como lo son estructural (pega en mamposterías, grouting), revestimiento (morteros de repellos o revoques). Actualmente el mortero más comúnmente usado es el seco el cual se mezcla en obra o en fábrica con arena, cemento y agua en las proporciones adecuadas. Se identifica por brindar una alta resistencia gracias a su proceso de rápido secado y durabilidad.

### **2.3.3. Agua**

El agua empleada para la mezcla del mortero seco debe ser limpia y cristalina, sin aceite, ácido, álcalis, sal, materiales orgánicos o sustancias líquidas o sólidas perjudiciales para el mortero. Debe estar en concordancia con lo exigido por la NTC 3459.

### **2.3.4. Arena**

Estos deben cumplir con lo estipulado en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) Título D Mampostería estructural. Para el mortero de recubrimiento se debe hacer la utilizando de arenas finas de acuerdo a las directrices consignadas en las Normas ASTM C-926 y ASTM C-897.

## **2.4. Propiedades Mortero fresco**

### **2.4.1. Manejabilidad**

Corresponde al indicador que mide la facilidad con la que se puede manipular la mixtura, y está directamente asociada con a la estabilidad de la mezcla.

La consistencia adecuada se consigue mediante la adición de cierta cantidad de agua que varía en función de la granulometría del mortero, cantidad de finos, empleo de aditivos, absorción de agua de la base sobre la que se aplica, así como de las condiciones ambientales, gusto de los operarios que lo utilizan, etc. La trabajabilidad mejora con la adición de cal, plastificantes o aireantes.

(Construmatica, s.f. párr. 5)

Se evalúa mediante ensayo de fluidez descrito en la NTC 111.

#### **2.4.2. Tiempo de utilización o Trabajabilidad**

Es el tiempo durante el cual un mortero posee la suficiente trabajabilidad para ser utilizado sin adición posterior de agua con el fin de contrarrestar los efectos de endurecimiento por el principio del fraguado. Se determina conforme al procedimiento operativo de la Norma Europea UNE-EN 1015-9. NTC 3546 anexo.3. (Construmatica, s.f. párr. 9)

#### **2.4.3. Densidad**

Corresponde a la relación de los componentes de mortero es decir su proporción de la materia prima y la cantidad de aire contenida en ella, este parámetro se rige a la Norma Europea UNE-EN 1015-6.

#### **2.4.4. Adherencia**

Corresponde a la “capacidad del mortero para absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interfase mortero-base. Se refiere, por tanto, a la resistencia a la separación del mortero sobre su soporte” (Construmatica, s.f. párr. 12)

#### **2.4.5. Retención de agua**

Se refiere a la posibilidad del mortero de conservar su plasticidad cuando queda en relación con el área en la cual va ser aplicado. Está relacionada con la superficie específica de

las partículas del conglomerante y con la viscosidad de la mezcla para optimizar la conservación del agua es posible añadir cal, agregar en mayor medida finos como aditivos plastificantes e incorporadores de aire. Se evalúa de acuerdo al procedimiento establecido en la NTC 4050.

#### **2.4.6. velocidad de endurecimiento**

El desarrollo de los pasos iniciales y finales de la preparación del mortero están estimados entre un tiempo de 2 a 24 horas dependiendo de la constitución de la mezcla y las circunstancias climática como la temperatura y la humedad



### **3. Marco de referencia**

A continuación, se pretende dar generalidades de la fibra de fique y cuál ha sido el bagaje histórico dentro de la construcción, “El fique es una planta nativa de la América tropical, especialmente de la región andina de Colombia y Venezuela, luego se fue expandiendo hacia las Antillas y hacia la costa oriental del Brasil” (Jiménez, 2011, p.42). Esta planta corresponde a la variedad de las *Furcraea* la cual está compuesta por alrededor veinte (20) ejemplares distintos de sus hojas se puede obtener la fibra textil más reconocida como fique, por su forma y composición biológica es confundía con el Agave, pero esta pertenece a una especie diferente.

El fique se caracterizar por ser una planta de gran tamaño, tallo recto, de hojas pobladas apiladas en el vértice del mismo, alargadas y angostas, dentado - delgadas o un poco gruesas. En algunas especies sus hojas son dentadas y espinosas. El ancho de las hojas puede variar entre 10 y 20 cm y su largo entre 1 y 2 metros. (Jiménez, 2011, p.42)



Figura 1. Plantas de fique

Tomada de: i-ambiente. (s.f.). Cultivadores de fique en #Colombia tejen un futuro más resistente al #CambioClimático. Recuperado de <http://www.i-ambiente.es/?q=noticias/cultivadores-de-fique-en-colombia-tejen-un-futuro-mas-resistente-al-cambioclimatico>.

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

34

A continuación, se presenta la tabla con las características más importantes del fique

Tabla 2

## *Características del fique.*

Longitud	80 a 120 cm
Color	Habano
Brillo	Opaco
Textura	Dura
Absorción al calor	Superficial
Absorción a la humedad	Mala
Punto de fusión	No se funde
Efectos ante los álcalis	Resistente
Efectos antes los ácidos	Mala
Resistencia a la luz solar	Regular
Efectos de los oxidantes	Variable
Elongación	3.50%
Resistencia (100 g de fibras)	26 kg

Tomado de: Jiménez Bohórquez J. (2011). Uso de materiales alternativos para mejorar las propiedades mecánicas del concreto (FIBRA DE FIQUE) (Tesis de pregrado). Universidad La Gran Colombia, Bogotá.

Tabla 3

## *Propiedades mecánicas de la fibra de fique*

<b>Propiedad</b>	<b>Promedio</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Resistencia a la tensión (MPa)	305.15	200.00	625.20
Módulo de Elasticidad (GPa)	7.52	5.50	25.50
Porcentaje de elongación a la fractura (%)	4.96	3.20	5.70

Tomado de: Jiménez Bohórquez J. (2011). Uso de materiales alternativos para mejorar las propiedades mecánicas del concreto (FIBRA DE FIQUE) (Tesis de pregrado). Universidad La Gran Colombia, Bogotá.

## USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

35

Estos esfuerzos del uso de fibras naturales, han asumido un auge significativo en la producción de las mezclas para la construcción. No obstante, esta práctica no es una técnica reciente en el sector; efectivamente, se estima su procedencia de uso varias décadas antes de la invención del concreto y el cemento Pórtland, cuando se manejaba como materia prima los productos naturales como las hierba, hilos, ramas, e incluso pelo animal, estos elementos eran usados como aditivos para el adobe con el objetivo de impedir las fisuras y optimizar el rigor y firmeza a la tensión.

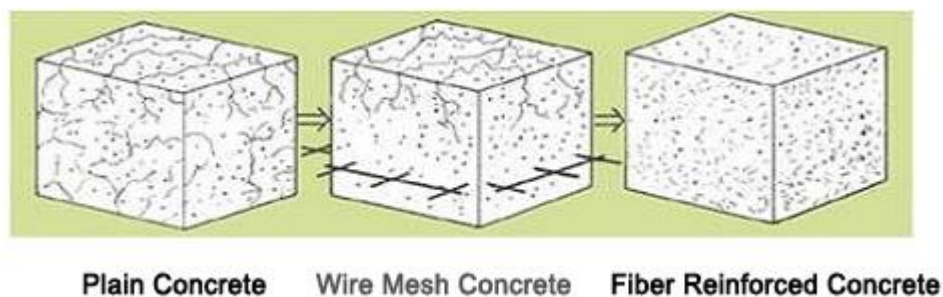


Figura 2. Concreto reforzado con fibras naturales

Tomada de: i-ambiente. (s.f.). Cultivadores de fique en #Colombia tejen un futuro más resistente al #CambioClimático. Recuperado de <http://www.i-ambiente.es/?q=noticias/cultivadores-de-fique-en-colombia-tejen-un-futuro-mas-resistente-al-cambioclimatico>.

Sin embargo, los progresos a nivel tecnológico para el sector de la construcción han facilitado el desarrollo de las fibras naturales de diferentes materiales, las cuales son fundamentalmente regidas a los álcalis, como, por ejemplo: el polipropileno, el polietileno, el acero, el carbono, entre otros (Hormigon especial, 2016). La función principal de las fibras se define como:

- Disminuir las fisuras por asentamiento (revenimiento)
- Disminuir las fisuras por contorsión plástica
- Reducir la permeabilidad

## **USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)**

36

- Aumentar la resistencia a abrasiones, golpes o impactos.

La característica más significativa del ejercicio mecánico que se ejerce en el concreto reforzado al estar mezclado con una porción de fibras naturales es el comportamiento ante la tensión. No obstante, es complicado practicar pruebas uniaxiales de resistencia a la tensión, sobre todo si el objetivo es encontrar y evaluar el comportamiento del material al estar expuesto a una carga máxima. Con relación a la fácil manejabilidad del concreto reforzado con fibras naturales, esta precisamente en la dosificación, la cantidad y la forma de la fibra, así como el entrelazado entre las mismas, el volumen, medida de los agregados y su cuantía respectiva. Para experimentar la naturalidad del concreto, es forzosamente obligatorio emplear el método del cono invertido, ya que se genera una vibración interna. En la actualidad no es aconsejable la acostumbrada prueba de revenimiento usando la técnica del cono de Abrams al concreto reforzados con fibras naturales, ya que logra enseñar ciertos problemas, debido a que la composición del concreto le otorga propiedades de cohesión lo que no le permite fluir libremente (Hormigon especial, 2016).

#### **4. Marco Normativo**

En lo relacionado con las normativas utilizadas para la elaboración de las muestras, sus agregados y ensayos se siguieron las normas técnicas colombianas diferentes para cada fase de la elaboración.

Algunas de las NTC utilizadas para verificar los agregados, también del cemento, agua preparación y elaboración del mortero, se presentan algunas normas consultadas en el proceso de caracterización y realización de los especímenes.

1. NSR-10 Capitulo D.3.4 Mortero de pega
2. NTC 4050 cemento para mampostería
3. NTC 3546 métodos de ensayo para determinar la elaboración en laboratorio y en obra de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada
4. NTC 3329 especificación del mortero para unidades de mampostería
5. NTC 579 efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de los morteros y concretos
6. NTC 220 Determinación de la resistencia de mortero de cemento hidráulico usando cubos de 50mm o 50,8mm de lado
7. NTC 129 practica para la toma de muestras de agregados
8. NTC 112 mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica
9. NTC para la determinar la cantidad de partículas livianas

## **5. Aspectos Metodológicos**

Investigación experimental exploratoria ya que busca el estudio es introducir fibras naturales en el mortero de pega convencional para determinar y comparar el aumento de la resistencia, debido a los materiales utilizados en obra, es necesario realizar pruebas de laboratorio teniendo en cuenta las normas respectivas al tema a estudiar. Se utiliza un molde en madera RH separado por 5cm cada uno y se realiza el encofrado de las muestras con una cantidad 75 muestras divididas en 15 por cada material usado (fique, coco, paja, mortero estructural premezclado y mortero estructural en situ) se fallan a edades diferentes 3 muestras por edad 1,3,7,21,28. El ejercicio necesario es el procedimiento de prueba para establecer la resistencia a las diferentes fallas que puede presentar las pegas de mortero el procedimiento usado en esta exploración está encaminada a mejorar la manera de categorizar el acrecentamiento de la resistencia de los morteros de pega, partiendo de las directrices establecidas en las normas y reglamentos, como lo es la NSR-10 título A y título D, NTC 220 y la NTC 3495 entre otras, las muestras se harán de la siguiente forma:

- Muestras mortero tradicional dosificación 1:3 200 gr cemento 600 gr de arena
- Muestra mortero tradicional con fibras de fique dosificación 1;3 200 gr cemento, 600 gr arena, 20 gr fique
- Muestra mortero tradicional con fibras de paja dosificación 1;3 200 gr cemento, 600 gr arena ,10 gr paja
- Muestra mortero tradicional con fibra de esterilla de coco 1;3 200 gr cemento, 600 gr arena, 20 gr fique

## USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

39

- Muestra mortero estructural 800 gr
- Muestra mortero estructural 800 gr y 20 gr de fique

Investigación Evaluativa Como se expresó anteriormente la importancia del proyecto es poder determinar el aumento de la resistencia de los morteros de pega, con el fin de encontrar una tendencia con la cual se pueda crear una gráfica que muestre la actuación de las diferentes mezclas de morteros. La dosificación de las fibras (fique, coco, paja) está comprendida en 1%, 2.5% y 5% del volumen total. Este material tiene un tamaño de 4 – 6 cm.

Tabla 4

### *Propiedades físicas del fique*

Variable	Dimensiones	Definición conceptual	Indicadores	Ítems
Fique	Propiedades físicas	Aditivo compuesto en fibras naturales	Tamaño granulométrico Densidad Composición	(cm) (kg/m <sup>3</sup> )

Elaboración propia.

### **5.1. Diseño de la mezcla**

#### **5.1.1. Dosificaciones en muestras**

Se elaboran 6 mezclas con dosificación 1:3, pegando tres (3) mampuestos de ladrillo

En forma piramidal de igual cantidad en peso volumétrico se componen de la siguiente

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

40

Manera:

1. Muestras mortero tradicional dosificación 1:3 200 gr cemento 600 gr de arena
2. Muestra mortero tradicional con fibras de fique dosificación 1;3 200 gr cemento, 600 gr arena, 20 gr fique
3. Muestra mortero tradicional con fibras de paja dosificación 1;3 200 gr cemento, 600 gr arena ,10 gr paja
4. Muestra mortero tradicional con fibra de esterilla de coco 1;3 200 gr cemento, 600 gr arena, 20 gr fique
5. Muestra mortero estructural 800 gr
6. Muestra mortero estructural 800 gr y 20 gr de fique



Figura 3. Primera muestra de pega de mampostería estructural.  
Elaboración propia.

## 5.1.2. Materiales

### 5.1.2.1. Cantidad Agua

Se realiza dosificación convencional en proporción 1:3 mezclado 0.2 kilogramos de cemento con 0.6 kilogramos de arena y se le agrega 96 cm<sup>3</sup> de agua (dato experimental) con esta unión se obtiene una mezcla a/c de 0.48 y poco empleo de manejo al conseguir la dosificación demasiado seca.



## USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

41

Se decide adicionar 32 cm<sup>3</sup> de agua a la mezcla anterior para darle un mayor manejo y trabajabilidad hallando una relación a/c de 0.64 como lo indica en la siguiente tabla cantidad de agua ideal para mezcla de forma empírica"

Tabla 5

*Cantidad de agua ideal para mezcla de forma empírica*

<b>Arena (kg)</b>	<b>Cemento (kg)</b>	<b>Agua (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>A/C</b>	<b>Observación</b>
0.6	0.2	96	0.48	seco
0.6	0.2	128	0.64	manejable

Elaboración propia.

### **5.1.2.2. Cemento**

Para el diseño de mezcla se utiliza cemento hidráulico tipo UG

### **5.1.2.3. Mortero estructural**

Se dispone del mortero seco estructural tipo M de 125 kg/cm<sup>2</sup> marca Cemex por saco 40 kg equivalente a 25 litros o 0.025 m<sup>3</sup> de mezcla totalmente húmeda (+/- 0.5 litros) Bajo la norma NTC 4048 y NSR 10 y control de calidad NTC 4043.

### **5.1.2.4. Dosificación de fibras**

Mediante el marco que presenta esta investigación, las adiciones se dosifican en cantidad de acuerdo al peso del cemento de la mezcla, sin aumentar el 6% de porcentaje. Como se lo identifica el marco metodológico, se utiliza 75 muestras distribuidas en 5 conjuntos 15 por

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

42

cada material usados con proporción 1%,2.5%,5%, con el objetivo de obtener la cantidad optima de la mezcla y verificar su comportamiento en el transcurso del tiempo.

Tabla 6

*Cantidad de material usado en muestras cubicas de 5x5 cm*

<b>Material</b>	<b>Peso (kg)</b>
Arena	0,168
Cemento	0,056
Agua	0,036
Cantidad a/c	0,64

Elaboración propia.

## **5.2. Análisis y Discusión de Resultados**

Realizada una vez la mezcla de las diferentes fibras con el mortero se evidencia los siguientes resultados para cada una de las composiciones con fibra naturales y mortero en su orden

### **5.2.1. Mortero con fibras de paja**

La mezcla es difícil de manejar y pegar con el mampuesto obteniendo fibras por fuera del mortero generando espacios vacíos en la mezcla.



Figura 4. Esterilla de paja.  
Elaboración propia.

### **5.2.2. Mortero con fibras de coco**

Al realizar la mezcla se requiere una mayor cantidad de esterilla de coco con dificultad al momento de separar las fibras generando mayor tiempo de mezclado del material.



Figura 5. Esterilla de coco.  
Elaboración propia.

### **5.2.3. Mortero con fibra de fique**

La mezcla se mantiene plástica y moldeable, gran facilidad para separar y cortar las fibras generando mayor adherencia de mortero.



Figura 6. Fibra de fique.  
Elaboración propia.

#### **5.2.4. Mezclado de las muestras cubicas**

Teniendo el dato de cada muestra de los cubos se calcula el peso necesario para cada dosificación, se inicia con la separación por cada material usado en recipientes, con los materiales separados se procede a realizar la mezcla de los mismos se inicia incorporando la arena previamente tamizada, el cemento hidráulico se vacía en el recipiente en proporción 1:3 a la arena mezclado por 2 minutos por un palustre e introduciendo el agua indicada hasta dar una masa homogénea como lo indica la ilustración 5(Mezcla cubos de ensayo).



Figura 7. Mezcla de cubos de ensayo.  
Elaboración propia

#### **5.2.5. Encofrado**

Se realiza encofrado con láminas de madera RH separado por módulos de 5x5x5 cm, por su parte inferior se incorpora un plástico para que las muestras no se peguen en su base, elaborando 5 encofrados cada uno con 15 espacios para un total de 75. Previamente elaborado se introduce las mezclas del mortero con sus diferentes fibras, pasado 24 horas se realiza desencofrado. Mediante las probetas utilizadas de 5 cm por cada uno de sus lados se obtiene un cubo con un volumen de 0,000125 por cada una de las muestras adicionando un desperdicio de 4%.

## USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

45



Figura 8. Encofrado de muestras de ensayo a compresión.  
Elaboración propia

### 5.3. Ensayos

Una vez desencofrada las muestras se procede a separar y marcarlas de acuerdo al material usado, mediante una prensa manual de 5" se incorporan y se deja paralelo la porta rosca teniendo la referencia de arranque (ver fig.8). Una vez posicionada la muestra se procede a girar en sentido manecillas del reloj cada 45 grados identificando a cuantos giros fallan las muestras.



Figura 9. Arranque 0 de prensa para ensayos a compresión.  
Elaboración propia

## USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

46

Cortado de fibras de fique: La fibra de fique comercialmente se encuentra por rollos de aproximadamente 100m se proceda a separar la fibra y realizar cortes de 5 a 6 cm aproximadamente.



Figura 10. Cortado de fibras de fique.  
Elaboración propia

Posteriormente se realiza el mortero seco para pañete, para ello se dispone del mortero seco para pañete de 75kg/cm<sup>2</sup> para pañete marca CEMEX Estructural para realizar la mezcla con la fibra de fique debidamente cortada.



Figura 11. Mortero seco para pega de mampostería estructural.  
Elaboración propia

Como paso siguiente se realizó la mezcla de mortero seco de 75kg/cm<sup>2</sup> con la fibra de fique, para este paso se combina el mortero con la fibra de fique de acuerdo las proporciones especificadas pasa este caso se requirió un 1kg de mortero por cada 10 gramos de fibra de fique.

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

47



Figura 12. Mezcla de pega de mampostería estructural con fibra de fique.  
Elaboración propia

Finalmente se procede la aplicación de la mezcla sobre ladrillo prensado como se observa en a la siguiente fotografía, en la cual es posible analizar el comportamiento de la mezcla sobre el ladrillo.



Figura 13. Aplicación de la mezcla sobre el ladrillo.  
Elaboración propia

## 5.3.1. Descripción del ensayo

Este ensayo permite establecer el comportamiento del material con el aditamento de la fibra de fique a un mortero el que es utilizado comúnmente en las obras.

El ensayo consiste en aplicar una dosificación de la fibra de fique sobre el mortero y pañetar un bloque recocido #5 expuesto a los cambios de temperatura presentados en las últimas dos (2)

semanas, adicional se pañeta la otra cara de bloque con mortero si la fibra de fique para realizar una comparación del comportamiento del material y así llegar a las conclusiones y debidas correcciones del modelo a presentar.

#### **5.4. Análisis de las muestras**

##### **5.4.1. Muestra mortero (fibra fique)**

Muestra A1 con 28 días de maduración es sometida a compresión alcanzado la falla a 350 grados del radio de giro de la prensa se observa la muestra intacta en su forma y fisuras obteniendo el mejor resultado comparado con las demás.

##### **5.4.2. Muestra mortero (paja)**

Muestra B1 con 28 días de maduración es sometida a compresión alcanzado la falla a los 200 grados del radio de giro de la prensa se observa fisuras y grietas con descomposición de su forma 7.6.3 muestra mortero (esterilla de coco)

Muestra C1 con 28 días de maduración es sometida a compresión alcanzado la falla a los 220 grados del radio de giro de la prensa se observa alteración en su forma fragmentando el mortero generando separación entre el mortero y la fibra.

##### **5.4.3. Muestra mortero estructural mezclado en situ**

Muestra D1 con 28 días de maduración es sometida a compresión alcanzado la falla a los 180 grados del radio de giro de la prensa se genera rotura y separación del material en 3 secciones.



# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

## 5.4.4. Muestra mortero estructural premezclado

Muestra E1 con 28 días de maduración es sometida a compresión alcanzado la falla a los 260 grados del radio de giro de la prensa se genera rotura y separación del material en 2 secciones.

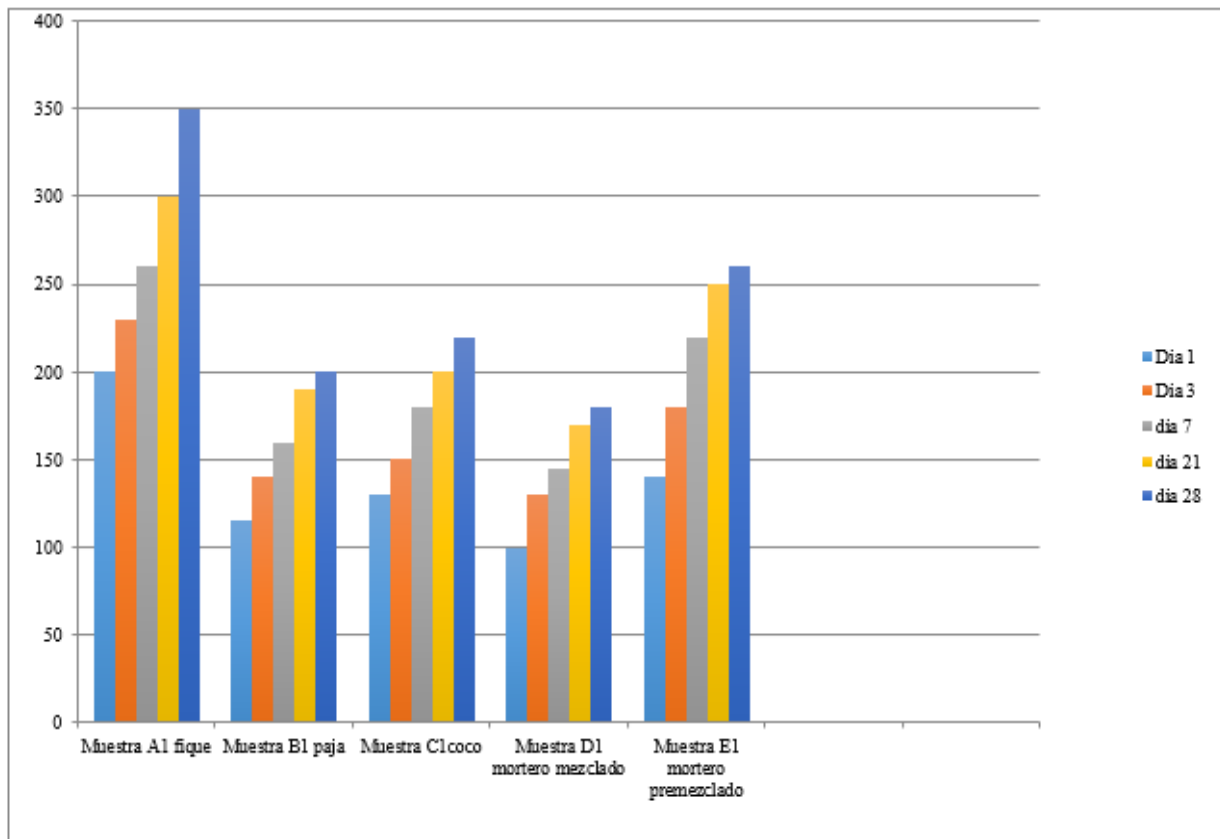


Figura 14. Comportamiento de las muestras.

Elaboración propia



Figura 15. Levantamiento de muro con pega de mampostería estructural.  
Elaboración propia

### **5.5. Muestras**

A continuación, se presenta las fibras naturales empleadas en el proceso, así como los utensilios empleados en la realización de los testigos de mortero con la combinación las fibras naturales propuestas.



Figura 16. Esterillas de coco.  
Elaboración propia

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

51



Figura 17. Encofrado.  
Elaboración propia



Figura 18. Esterillas de paja.  
Elaboración propia



Figura 19. Mezcla de Esterillas de paja con dosificación a 1/4.  
Elaboración propia.

En las siguientes imágenes se visualiza el fraguado de los testigos en las diferentes combinaciones de mortero con fibra natural para realizar las pruebas de compresión con una prensa manual.

## USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

52



Figura 20. Prensa manual para realizar las pruebas de compresión.  
Elaboración propia



Figura 21. Proceso de fraguado y desencofre de los testigos de morteros.  
Elaboración propia

Una vez se tiene los testigos de mortero completamente fraguados se clasifican por tipos de muestras y estos se someten a pruebas de compresión a diferentes tiempos de maduración con el fin de analizar la resistencia de los mismos.



Figura 22. Ensayos a la compresión.  
Elaboración propia

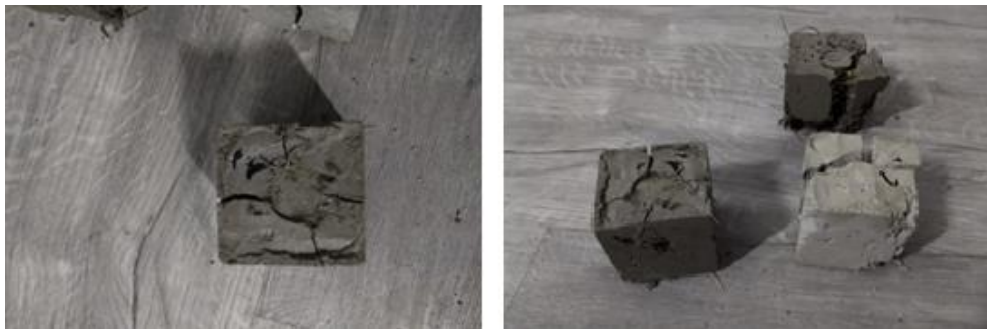


Figura 23. Resultados fallidos a los ensayos a la compresión.  
Elaboración propia.

### **5.6. Modelos en 3D**

En las siguientes imágenes se presentan los modelos en tres dimensiones del uso del mortero como pega de ladrillos para el levantamiento de un muro.

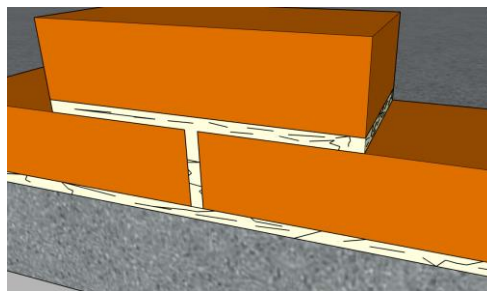


Figura 24 Vista frontal del modelo 3D.  
Elaboración propia.

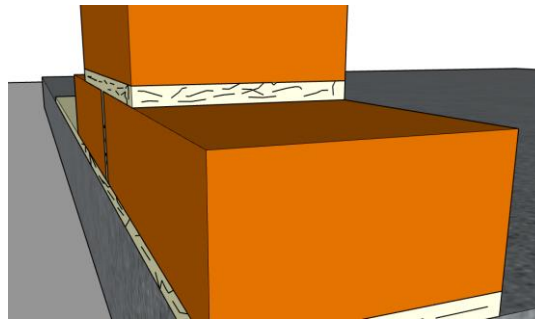


Figura 25 Vista lateral del modelo 3D.  
Elaboración propia.

### **5.7. Análisis de precios unitarios**

Se identifica la cantidad en volumen del mortero para elaborar un m<sup>2</sup> de mampostería, se calcula mediante las dimensiones geométricas de la altura x largo del bloque 0.20x 0.30 simulando a los mampuestos utilizados 0.06 m<sup>2</sup> y se divide sobre 1 dándonos 0.96 m<sup>2</sup> el restante complementa el mortero el mortero. Se identifica en kilogramos para la muestra de un murete de m<sup>2</sup> la cantidad de 16 Bloques #5, 3 kilogramos de cemento hidráulico tipo UG, arena de peña prelavado y Agua, en mortero estructural premezclado una cantidad de 12 kilogramos.

#### **5.7.1. Costos mortero de pega preparado en situ con adición de fibra**

A continuación, se presenta el análisis de precios unitarios para la muestra de mortero de pega estructural preparado en situ con fibra de fique en la tabla se puede identificar el valor de la mezcla por metro cuadrado.

## USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

55

Tabla 7

*Apu mortero de pega estructural preparado en situ con adición de fibra.*

<b>Análisis de precios unitarios</b>					
Ítem #1 mortero de pega estructural preparado en situ con fibra de fique					Unidad M2
Material	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Total	
Cemento gris	3	kg	\$ 508	\$	1,524
Arena	9	Kg	\$ 250	\$	1,800
Bloque #5	16	Und	\$ 750	\$	12,000
Fibra de fique	40	Gr	\$ 39	\$	1,553
<b>Total</b>				<b>\$</b>	<b>16,877</b>
<b>Transporte</b>					
Material	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Total	
Cemento gris	3	kg	\$ 24.00	\$	72
Arena	9	Kg	\$ 19.00	\$	171
Bloque #5	16	Und	\$ 75.00	\$	1,200.00
Fibra de fique	40	Gr	\$ 0.02	\$	1
<b>Total</b>				<b>\$</b>	<b>1,444</b>
<b>Mano de obra</b>					
Cuadrilla	Rend/m2	Unidad	Valor Unitario	Total	
Oficial	0.6	hr	\$ 10338	\$	6202.8
Ayudante mampostería	0.3	hr	\$ 7,041.00	\$	2,112
<b>Total</b>				<b>\$</b>	<b>8,315</b>
<b>Total valor m2 de mampostería estructural</b>				<b>\$</b>	<b>26,636.10</b>

Elaboración propia.

### 5.7.2. Costos mortero de pega preparado en situ

A continuación, se presenta el análisis de precios unitarios para la muestra de mortero de pega estructural preparado en situ.

## USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

56

Tabla 8

*Apu mortero de pega estructural preparado en situ.*

<b>Análisis de precios unitarios</b>						
Ítem #2 mortero de pega estructural preparado en situ					Unidad	
					M2	
Material	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Total		
Cemento gris	3	kg	\$ 508	\$		1,524
Arena	9	Kg	\$ 250	\$		1,800
Bloque #5	16	Und	\$ 750	\$		12,000
<b>Total</b>				<b>\$</b>		<b>15,324</b>
<b>Transporte</b>						
Material	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Total		
Cemento gris	3	kg	\$ 24.00	\$		72
Arena	9	Kg	\$ 19.00	\$		171
Bloque #5	16	Und	\$ 75.00	\$		1,200.00
<b>Total</b>				<b>\$</b>		<b>1,443</b>
<b>Mano de obra</b>						
	Cuadrilla	Rend/m2	Unidad	Valor Unitario	Total	
Oficial		0.6	hr	10338		6202.8
Ayudante mampostería		0.3	hr	\$ 7,041.00	\$	2,112
<b>Total</b>				<b>\$</b>		<b>8,315</b>

Elaboración propia.

### 5.7.3. Costos mortero de pega premezclado con fibras de fique

A continuación, se presenta el análisis de precios unitarios para la muestra de pega premezclado con fibras de fique.



# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

57

Tabla 9

*Apu de pega premezclado con fibras de fique.*

<b>Análisis de precios unitarios</b>					
Ítem #3 mortero de pega estructura premezclado con fibra de fique					Unidad
					M2
Material	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Total	
Mortero seco estructural	12	kg	\$ 412	\$	4,944
Bloque #5	16	Und	\$ 850	\$	13,600
Fibra de fique	40	Gr	\$ 39	\$	1,553
<b>Total</b>				<b>\$</b>	<b>20,097</b>

<b>Transporte</b>					
Material	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Total	
mortero estructural premezclado	12	kg	\$ 24.00	\$	288
Bloque #5	16	Und	\$ 75.00	\$	1,200
Fibra de fique	40	Gr	\$ 0.02	\$	0.80
<b>Total</b>					<b>1488.8</b>

<b>Mano de obra</b>					
	Cuadrilla	Rend/m2	Unidad	Valor Unitario	Total
Oficial		0.8	hr	\$ 10338	8270.4
Ayudante mampostería		0.5	hr	\$ 7,041.00	3,521
<b>Total</b>				<b>\$</b>	<b>11,791</b>
<b>Total valor m2 de mampostería estructural</b>					<b>\$ 33,376.90</b>

Elaboración propia.

## 5.7.4. Costos mortero de pega premezclado

A continuación, se presenta el análisis de precios unitarios para la muestra de mortero pega premezclado.

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

58

Tabla 10

*Apu de mortero pega premezclado.*

<b>Análisis de precios unitarios</b>						
Ítem #4 mortero de pega estructural premezclado					Unidad	
					M2	
Material	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Total		
Mortero seco estructural	12	kg	\$ 412	\$ 4,944		
Bloque #5	16	Und	\$ 850	\$ 13,600		
<b>Total</b>				<b>\$ 17,720</b>		
<b>Transporte</b>						
Material	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Total		
Cemento gris	12	kg	\$ 24.00	\$ 288		
Bloque #5	16	Und	\$ 75.00	\$ 1,200		
				Total	\$ 1,272	
<b>Mano de obra</b>						
	Cuadrilla	Rend/m2	Unidad	Valor Unitario	Total	
Oficial		0.8	hr	\$ 10338	\$ 8270.4	
Ayudante mampostería		0.5	hr	\$ 7,041.00	\$ 3,521	
				<b>Total</b>	<b>\$ 11,791</b>	
<b>Total valor m2 de mampostería estructural</b>					<b>\$ 30,783.70</b>	

Elaboración propia.

## 5.7.5. Costos reparación de fisuras en mampostería estructural

A continuación, se presenta el análisis de costos para la reparación de fisuras en estructuras de mampostería estructural de ladrillo cerámico, con mortero

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

59

Tabla 11

*Apu de mortero pega premezclado.*

EFY010	m <sup>2</sup>	Reparación de fisuras en estructura de mampostería estructural de ladrillo cerámico, con mortero.			\$ 12.386,33
Reparación de fisuras en estructura de mampostería estructural de ladrillo cerámico mediante el sellado de juntas y fisuras con mortero bastardo de cemento CEM II/A-P 32,5 R, cal y arena; tipo M-2,5; previo repicado y saneado de la mampostería estructural en elementos inestables.					
	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
	m <sup>3</sup>	Mortero bastardo de cemento CEM II/A-P 32,5 R, cal y arena, tipo M-2,5, confeccionado en obra con 200 kg/m <sup>3</sup> de cemento y una proporción en volumen 1:2:10.	0,006	377.463,62	2.264,78
	h	Oficial 1ª de obra blanca.	0,453	12.728,29	5.765,92
	h	Peón de obra blanca.	0,453	8.298,14	3.759,06
	%	Medios auxiliares	2	11.789,76	235,8
	%	Costes indirectos	3	12.025,56	360,77
				Total:	12.386,33

Tomada de Ingenieros S.A. (s.f.). Generador de Precios. Recuperado de [http://www.colombia.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Estructuras/Mamposteria\\_estructural/Reparaciones/EFY010\\_Reparacion\\_de\\_fisuras\\_en\\_estructura.html](http://www.colombia.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Estructuras/Mamposteria_estructural/Reparaciones/EFY010_Reparacion_de_fisuras_en_estructura.html).

## 5.8. Conclusiones y Recomendaciones

La capacidad de la resistencia a la compresión que adquiere el mortero de pega para la mampostería estructural con la adición de fibras de fique es notable a comparación de las demás fibras que se usaron para comparar los resultados.

De acuerdo a la experiencia obtenida con las pruebas a compresión la fibra de fique puede funcionar como un componente en la pega de mampostería estructural para obtener una mayor resistencia.

La maniobrabilidad de la esterilla de coco y esterilla de paja llega a ser más compleja que la fibra de fique.

**Lista de Referencia o Bibliografía**

Álvarez, C. A. (s.f.). Los mil usos del fique. Recuperado de:

<http://aupec.univalle.edu.co/informes/mayo97/boletin37/fique.html>

Ingenieros S.A. (s.f.). Generador de Precios. Recuperado de:

[http://www.colombia.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Estructuras/Mamposteria\\_e\\_structural/Reparaciones/EFY010\\_Reparacion\\_de\\_fisuras\\_en\\_estructura.html](http://www.colombia.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Estructuras/Mamposteria_e_structural/Reparaciones/EFY010_Reparacion_de_fisuras_en_estructura.html)

Jaramillo, L., y Ochoa, J. C. (2007). *Uso del jugo de fique como aditivo orgánico en el hormigón*. Scientia et Technica Año XIII, No 36, 455-459. Recuperado de:

<https://www.redalyc.org/pdf/849/84903681.pdf>

Barbosa Galeano, C. G., y Mayorga Rojas, J. S. (2015). *Caracterización mecánica del concreto reforzado con fibras de fique modificando la matriz cementicia con aditivo a base de humo de sílice*. Universidad Piloto de Colombia, Bogotá. Recuperado de:

<http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00002320.pdf>

Finkeros. (2016). El fique y sus mil usos. Recuperado de <http://abc.finkeros.com/fique-mil-usos/>

Fundación Laboral de la Construcción. (s.f.). Diccionario de la construcción. Recuperado de

<http://www.diccionariodelaconstruccion.com/estructuras/albanileria/enlucido>

Glosario ilustrado de arte arquitectónico. (s.f.). Glosario. Recuperado de

<https://www.glosarioarquitectonico.com/glossary/aglomerante/>

## USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

61

González, J. F. (2016). *Estudio del mortero de pega usado en el cantón cuenca. propuesta de mejora, utilizando adiciones de cal.* (tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Cuenca.

Recuperado de:

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23664/1/TESIS%20final%20.pdf>

Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción.* (tesis de pregrado) Manizales: Universidad Nacional. Recuperado de

[http://bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824\\_Parte5.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824_Parte5.pdf)

Hormigón especial. (2016). Uso de Fibras como refuerzo del Hormigón. Recuperado de

<http://www.hormigonespecial.com/blog/?p=291#:~:text=El%20aspecto%20m%C3%A1s%20importante%20del,el%20comportamiento%20a%20la%20tensi%C3%B3n.&text=Normalmente%20son%20fibras%20de%20pl%C3%A1stico,de%20fisuras%20durante%20la%20construcci%C3%B3n.>

i.ambiente. (s.f.). Cultivadores de fique en #Colombia tejen un futuro más resistente al

#CambioClimático. Recuperado de <http://www.i-ambiente.es/?q=noticias/cultivadores-de-fique-en-colombia-tejen-un-futuro-mas-resistente-al-cambioclimatico>

Jiménez Bohórquez, J. (2011). *Uso de materiales alternativos para mejorar las propiedades*

*mecánicas del concreto (fibra de fique)* (Tesis de pregrado). Universidad la Gran Colombia, Bogotá. Recuperado de

Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. (1994). Estudio tecnológico de la madera en tres especies de mangle. Nicaragua: Bib. Orton IICA / CATIE. Recuperado de

## USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

62

[https://books.google.com.co/books?id=4d4OAQAAIAAJ&printsec=frontcover&vq=CONTRACCI%C3%93N:+Reducci%C3%B3n+de+las+dimensiones+de+una+pieza+de+madera+causada+por+la&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q=CONTRACCI%C3%93N%3A%20Reducci%C3%B3n%20de%20las%20](https://books.google.com.co/books?id=4d4OAQAAIAAJ&printsec=frontcover&vq=CONTRACCI%C3%93N:+Reducci%C3%B3n+de+las+dimensiones+de+una+pieza+de+madera+causada+por+la&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=CONTRACCI%C3%93N%3A%20Reducci%C3%B3n%20de%20las%20)

Mojica, A., & Paredes, J. (s.f.). El cultivo del fique en el Departamento de Santander.

Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/el-cultivo-del-fique-el-departamento-santander>

NSR-10 Norma Sismo Resistente. (2010d). Bogotá. Título D Mampostería estructural.

Ministerio de ambiente, Vivienda y desarrollo territorial Recuperado de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/4titulo-d-nsr-100.pdf>

NSR-10 Norma Sismo Resistente. (2010g). Bogotá. Título G Estructuras de madera y estructuras de guadua. Ministerio de ambiente, Vivienda y desarrollo territorial

Recuperado de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/7titulo-g-nsr-100.pdf>

Torres Novoa, C. S., Pérez Quintero, J. S. (2019). Mejoramiento de las características

mecánicas del mortero de recubrimiento convencional adicionando humo de sílice (tesis de tecnología). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Recuperado de: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/16174/1/TorresNovoaCesarSmith2019.pdf>

**USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)**

63

Valbuena Porras, S. G., Mena Serna, M. y García Ubaque, C. A. (2015). *Evaluación de la resistencia a la compresión en morteros de pega de acuerdo con la dosificación establecida por el código Sismo Resistente Colombiano. Estudio de caso*. Tecnura, vol. 20, núm. 48, abril-junio, 115-122. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257046835009.pdf>

# USO DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (FIBRA DE FIQUE)

64

## Anexos

Modelos 3D

Panel explicativo